Tecnologia Agroindustrial

Matérias primas agroindustriais: Grãos e cereais

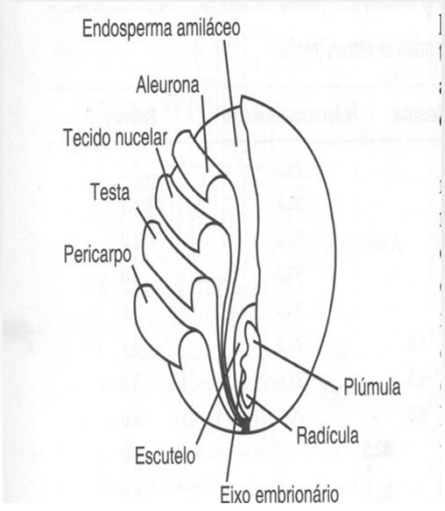
Profa. Dra. Delia Rita Tapia Blácido

1

Características do grão

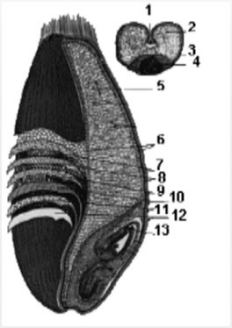
O grão dos cereais é considerado um fruto seco e não uma semente, chamado "cariopse", composto de:

- ✓ **Embrião**
- ✓ **Endosperma (farináceo e vitreo)**
- ✓ **Hialina**
- ✓ **Testa**
- ✓ **pericarpo**



2

TRIGO

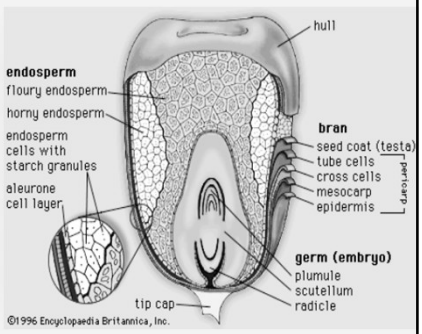


1 -crease
2 -endosperma
3 -farelo
4 -germe
5 -endosperma
6 -aleurona
7 -hialina
8 -testa
9 -células tubulares
10 -células cruzadas
11 -hipoderme
12 -epiderme
13 -germe

ARROZ

Casca: 18-20%
Pericarpo: 1-2%
Embrião: 2-3%
Endosperma: 89-91%

MILHO



Pericarpo: 5%
Endopesma: 83%
Gérmen: 11%
Ponta: 2%

3

Carboidratos

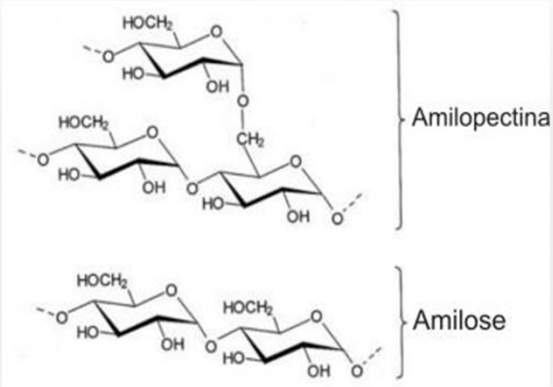
Os cereais são uma fonte de polissacarídeos, entre eles estão as fibras solúveis e insolúveis, e o amido.

Tabela 4. Composição dos carboidratos dos grãos de cereais

Componente	Trigo (%)	Arroz (%)	Milho (%)
Amido	53,0	66,5	54 a 74
Açúcares livres	2,1 a 2,6	0,7 a 1,3	1,6 a 2,0
Pentosanas	1,41 a 6,71	1,2 a 2,1	5,8 a 6,6
β-glicanas	0,34 a 1,40	0,15	-
Fibra total	10,0 a 14,6	4,0	10,5 a 15,0
Fibra solúvel	1,7 a 2,0	0,89	-

4

Amido



- Polímero ramificado com unidades de D-glicose ligadas por ligações α-(1→4) e ramificações α-(1→6). 4700 a 12800 unidades de resíduos de glicose . PM 50 e 500x10^6 Da
- Polímero linear com unidades de D-glicose ligadas por ligações α-(1→4). 500 a 5000 unidades de resíduos de glicose. PM 250.000 Da

- Teor de amilose e amilopectina varia em função à fonte botânica, espécie, variedade e grau de maturação da planta. Espécies vegetais tem mais amilopectina do que amilose, mas também tem espécies com 100% de amilopectina.

5

Estrutura do grânulo de amido

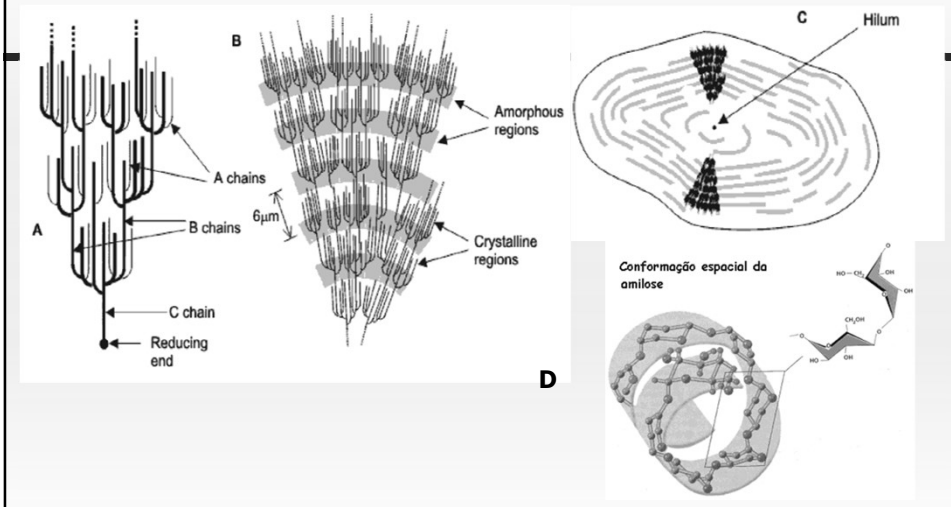


Figura 1. (A) Classificação das cadeias de amilopectina. (B) Estrutura da amilopectina formando regiões amorfas e cristalinas, (C) Estrutura interna do grânulo de amido. Adaptado de Parker & Ring (2001) por Dernardin et al. (2008)

6

Tamanho, forma e superfície do grânulo de amido

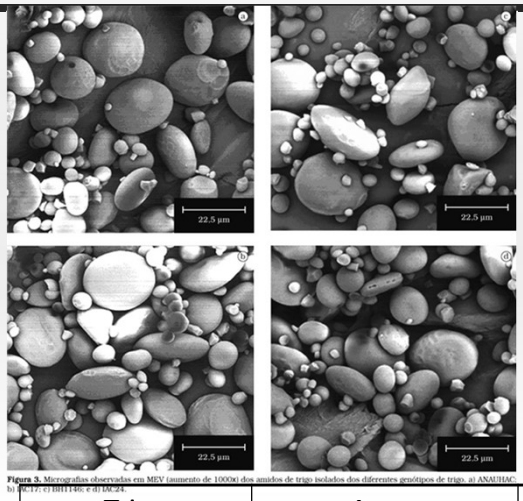


Figura 3. Micrografias observadas em MEV (aumento de 1000x) dos amidos de trigo isolados dos diferentes genótipos de trigo. a) ANAUHAG-b) BC17; c) BH1146; e d) BC24.

Forma redonda, oval ou poliédrico, plana ou esférica. Distribuição de tamanho unimodal, bimodal e polimodal.

Grânulos A: grânulos grande (diâmetro de 10 a 35 μm), lenticulares

Grânulos B: grânulos pequenos (diâmetro de 1 a 10 μm) e esféricos.

Trigo	Arroz	Milho
5 a 35 μm	< 10 μm	5 a 25 μm

7

Cristalinidade do amido

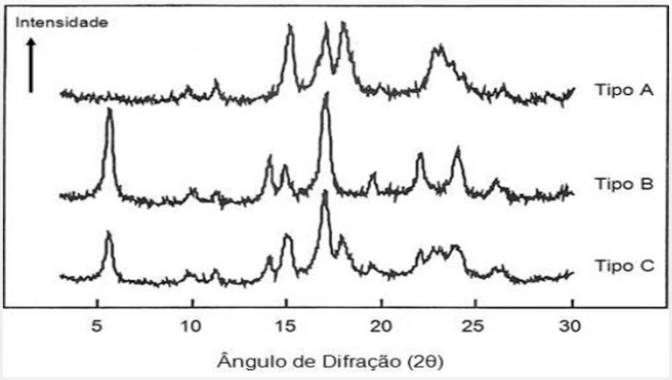
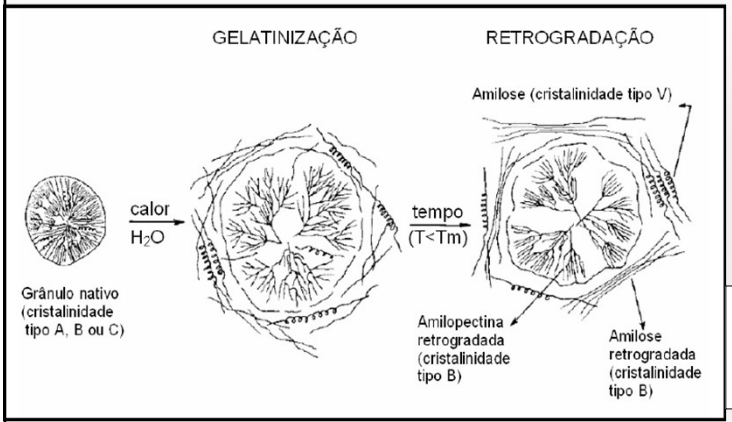


Figura 2. Diagrama de difração de raios X dos amidos de cristalinidade tipo A, B e C. Fonte: Bertoloni (2000), Polesi (2009)

Amido nativo contêm entre 15% e 45% de material cristalino.
Tipo A: 15,3º, 17,1º, 18,2º e 23,5º (amidos de cereais) – mais estável
Tipo B: 5,6º, 14,4º, 17,2º, 22,2º e 24º (amido de tubérculos, banana, amido retrogradado e ricos em amilose)
Tipo C: 5,6º, 15,3º, 17,3º e 23,5º (amido de leguminosas e sementes)

8

Gelatinização do amido



Tª de gelatinização:

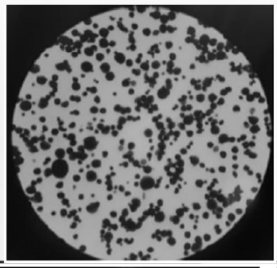
- Raízes e tubérculos: 58 – 65ºC
- Mandioca: 52-65ºC
- Milho: 62-80ºC
- Trigo: 59-85ºC

Tp e ΔH de gelatinização dependem do teor de amilose e amilopectina, da cristalinidade e do tamanho do grânulo.

GELATINIZAÇÃO: Ruptura da estrutura granular, inchamento, hidratação, e solubilização das moléculas de amido. Regiões amorfas gelatinizam primeiro.
RETROGRADAÇÃO: Ocorre no armazenamento e resfriamento do amido gelatinizado. Transição do estado inchado e solubilizado do amido para o estado insolúvel, semi-cristalino (irreversível). As moléculas de amilose se associam - pontes de hidrogênio.

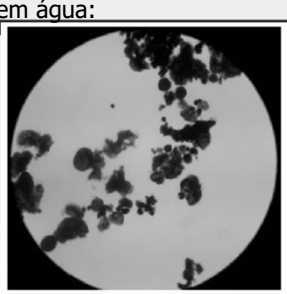
9

Gelatinização do amido

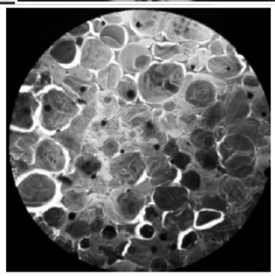


Fécula de mandioca nativa

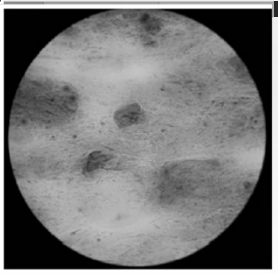
Suspensões de amido em água:



60ºC



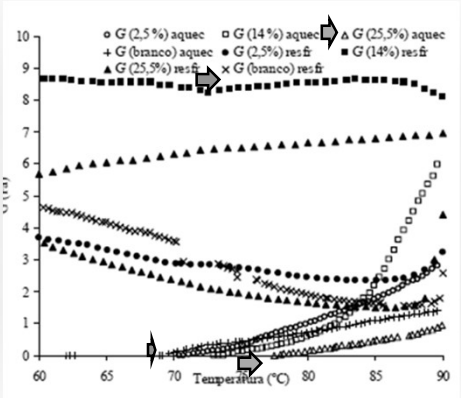
70ºC

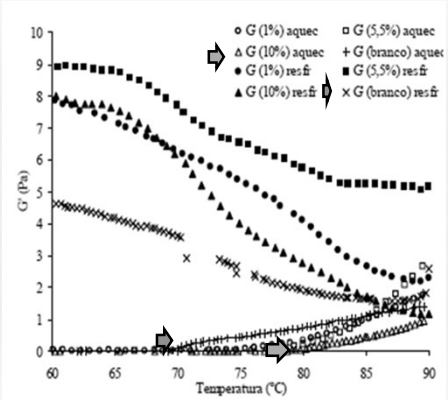


80ºC

10

Efeito dos aditivos na gelatinização do amido





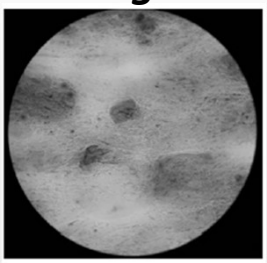
Sacarose Sal

Figura 4. Efeito da adição de sacarose e sal sobre a gelatinização do amido (5%) de amaranto

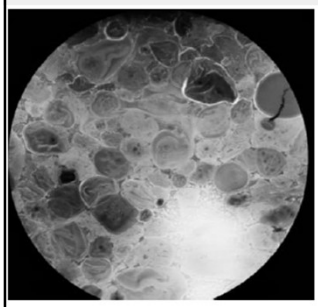
A temperatura de gelatinização pode ser afetada pela presença de açúcares, proteínas, ácidos e gorduras no alimento.

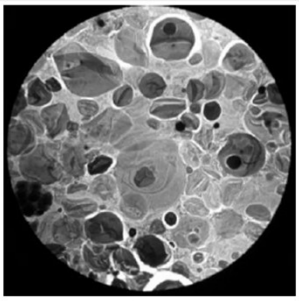
11

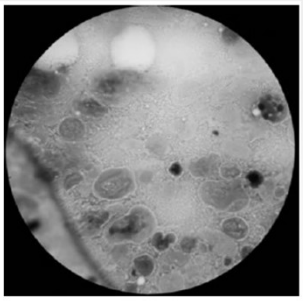
Efeito dos aditivos na gelatinização do amido



Gel de fécula de mandioca **controle** (80ºC)





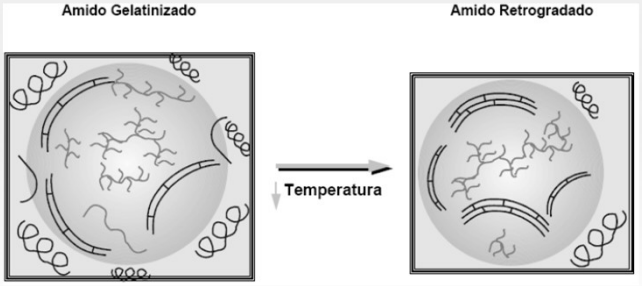


Açúcar Sal Leite

12

Retrogradação do amido

Após a gelatinização e durante o esfriamento, as cadeias de amilose, mais rapidamente que as de amilopectina, agregam-se formando duplas hélices cristalinas estabilizadas por pontes de hidrogênio. Estas hélices formam estruturas cristalinas tridimensionais altamente estáveis, com padrão B de difração de Raios X



Sinérise: expulsão de água
Aumento de viscosidade

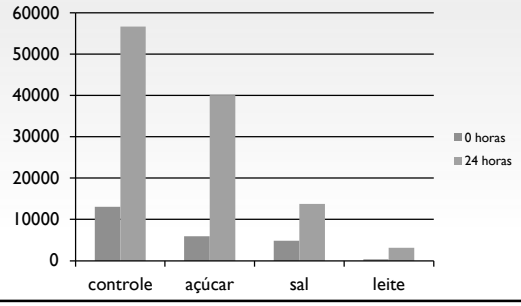
A velocidade de retrogradação depende da temperatura de armazenamento, o tempo, pH, fonte de amido, presença de componentes não amido (lipídios, eletrólitos e açúcares) e condições de processamento

13

Efeito da retrogradação do amido na viscosidade dos géis

	Dia do preparo (depois do aquecimento)			
	Açúcar	Sal	Leite em pó	Branco
Torque (mN.m)	0,425	0,345	0,022	0,937
Viscosidade (mPa.s)	5914	4792	306,8	13034

	24 horas depois			
	Açúcar	Sal	Leite em pó	Branco
Torque (mN.m)	2,884	0,988	0,225	4,073
Viscosidade (mPa.s)	40121	13744	3133	56657



14

Tipos de amido

Desde o ponto de vista nutricional, o amido pode ser classificado como:

- **Glicêmico:** é um amido rapidamente digerível. ARD: Amido degradado a glicose no trato digestivo em até 20 min. ALD pode ser degradado em 20 até 110 min.
- **Resistente:** é um amido que resiste à digestão no intestino delgado, resiste à dispersão em água fervente e à hidrólise pela ação da amilase pancreática e da pululanase, mas é fermentado no intestino grosso pela microbiota local (produz gás e ácidos graxos de cadeia curta). Pode ser considerado como fibra alimentar.
  - ✓ AR1: fisicamente inacessível
  - ✓ AR2: tipo de estrutura cristalina
  - ✓ AR3: amilose retrogradada

15

Proteínas

Os cereais apresentam quatro tipos de proteínas:

- Albuminas : solúveis em água
- Globulinas : solúveis em soluções salinas
- Prolaminas: solúveis em soluções alcoólicas (Zeína-milho)
- Glutelinas : solúveis em soluções ácidas e alcalinas

Tabela 5 . Composição das proteínas dos grãos de cereais

Cereal	Albumina(%)	Globulina (%)	Prolamina (%)	Glutelina (%)
Arroz	5	10	5	80
Aveia	1	13	18	68
Cevada	3 a 5	10 a 20	35 a 45	35 a 45
Milho	4	2	54	40
Trigo	3 a 5	6 a 10	40 a 50	30 a 40

16

GLÚTEN

É a fração proteica constituída das classes proteicas: glutelina e prolamina. Pode ser encontrado no trigo, na aveia, no centeio, na cevada, no malte, cereais amplamente utilizados na composição de alimentos, medicamentos, bebidas industrializadas e cosméticos.

- **Gliadinas:** são prolaminas extraídas em etanol (70%). Representa 50% da fração proteica insolúvel do trigo. Peso molecular entre 25 e 50 kDa. **Prolina, glutamina, cistina, isoleucina e fenilalanina** (maior concentração do que as gluteninas). Formam fluido viscoso e pouco elástico. Estrutura compacta e ricas em pontes dissulfeto intramoleculares.

- **Gluteninas:** são glutelinas solúveis em soluções ácidas e alcalinas. Maior massa molecular 40 e mais de 2.000 kDa. São mais ricas em **glicina, lisina e triptofano** do que as gliadinas. A presença de cisteína garante a formação de ligações do tipo pontes dissulfeto. Quando hidratadas formam um fluido coeso, porém de alta elasticidade.

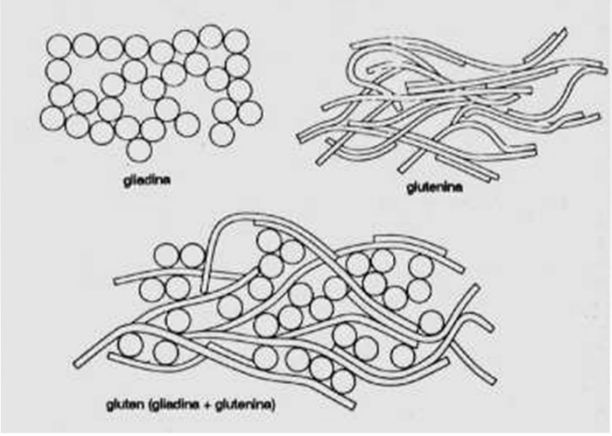
A fração de glutenina é formada por proteínas que contém em suas extremidades estruturas de α-hélice e no meio da molécula, organizam-se em estruturas do tipo β-pregueada. As extremidades ligam-se a outras proteínas por pontes dissulfetos formando estruturas de alta massa molecular. As estruturas β-pregueadas teria a capacidade de se desdobrar, fornecendo a elasticidade ao conjunto.

17

GLÚTEN

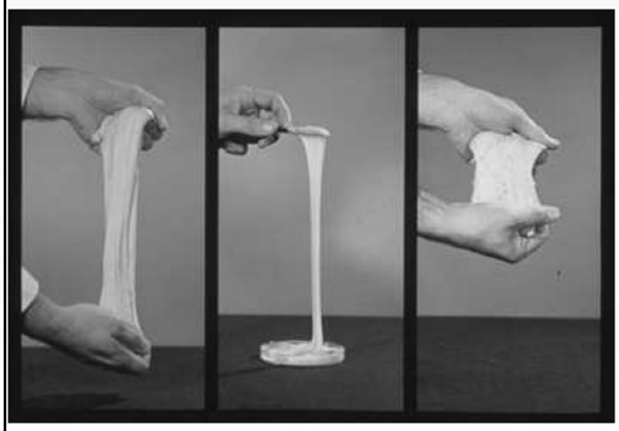
As proteínas do glúten têm a propriedade especial de entrelaçar-se entre elas através de **ligações de hidrogênio, ligações de Van der Waals e pontes dissulfeto** e formar uma rede proteica chamada de glúten. Quando a farinha de trigo fica em contato com água forma uma massa que pode, após a fermentação, reter gás e dar forma característica aos produtos de panificação.

Gliadinas: proteínas globulares Responsáveis pela coesividade da massa



Gluteninas: formam pontes de hidrogênio. Responsáveis pela elasticidade da massa

18



Pão

Glúten

19

Aminoácidos nos cereais

Tabela 6 . Teor de alguns aminoácidos essenciais em cereais em comparação com o ovo (mg AA/g N)

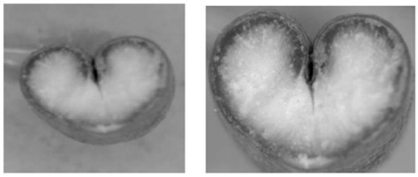
Cereal	Lisina	Metionina/cisteína	Triptofano
Arroz	226	229	84
Trigo	161	219	66
Milho	167	217	38
Centeio	212	210	46
Aveia	232	272	79
Ovo padrão	436	362	93

Segundo a FAO, os cereais são considerados deficientes em lisina. O milho é considerado deficiente em triptofano.

20

Tipos de trigo

Trigo Brando (soft)



Trigo Brando: Usado para produção de farinhas para biscoitos e bolos

Trigo Duro (hard)

Trigo Duro:Usado para produção de farinhas para panificação e massas.

21

Trigo como matéria prima

Classificação do trigo :

- **Vermelho duro de primavera:** 12 a 18% de proteínas para misturar com trigos mais fracos. Panificação
- **Trigo duro:** com 10 a 16,5% de proteínas, pão integral, pão francês e macarrão.
- **Vermelho duro de inverno:** com 9 a 15% de proteínas, pães brancos e roscas
- **Vermelho brando de inverno:** com 8,5 a 11,5% de proteínas, para "wafles", "muffins", farinha para todo uso.
- **Trigo brando:** com 5 a 10,5% de proteínas, para macarrões curtos, bolos e pães caseiros, "crackers", massas de tortas e pasteis, "donuts", "cookies", bolos recheados.

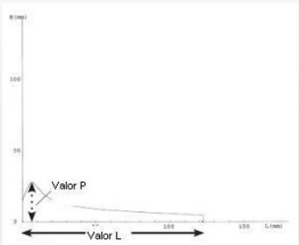
https://www.youtube.com/watch?v=962spWnar5g

22

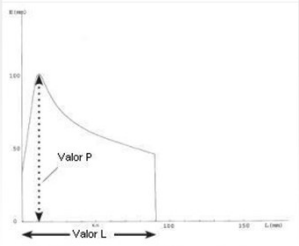
Alveografia

Alveógrafo

Mede a tenacidade e extensibilidade da massa



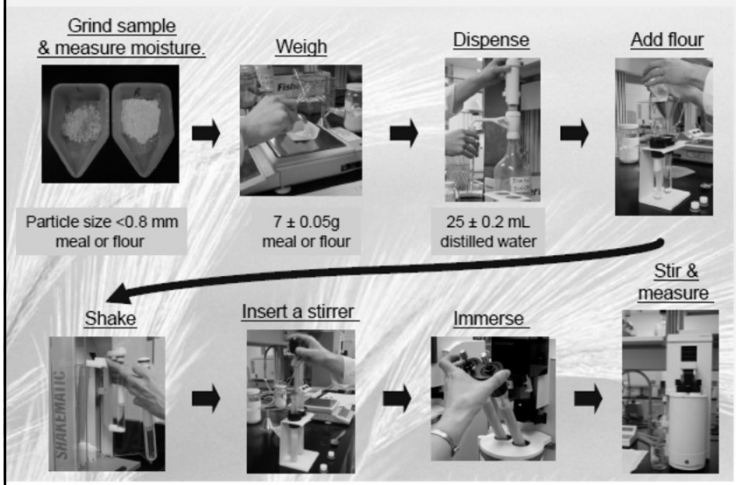
Farinha com glúten fraco



Farinha com glúten forte

23

Teste do Número de Queda



Medida indireta da concentração da enzima alfa-amilas determinada em 7 gramas de trigo moído. <260 s farinha com alto poder diastásico, 260-300 s médio poder diastásico, >300 s farinha com baixo poder diastásico.

24

Doença celíaca

- A doença celíaca é causada pela intolerância permanente à ingestão das proteínas de estocagem do trigo, da cevada e do centeio, denominadas genericamente como glúten. **A DOENÇA NÃO TEM CURA.**
- A doença celíaca pode causar prejuízos nutricionais, de crescimento e desenvolvimento psicomotor, desenvolvimento sexual e problemas de fertilidade, alterações dentárias, osteopenia, osteoporose e anemias, atrofia do baço e cânceres do tubo digestivo

Figura 5. Mucosa intestinal de um individuo normal e com doença celíaca

25

Alternativas para fabricação de pão sem glúten

- A farinha de arroz pode ser utilizada para substituir a farinha de trigo.
- Hidrocolóides, emulsificantes, produtos lácteos, proteínas, amido gelatinizado e enzimas têm sido utilizados visando melhorar as qualidades reológicas da massa, o volume final, as características estruturais e de textura, bem como a vida-de-prateleira de pães sem glúten.
- Hidrocoloides: hidroxipropilmetil-celulose, carboximetil-celulose, gomas, guar e xantana, pectina, β-glucana.
- Ingredientes proteicos como a farinha de soja, o isolado proteico de soja, o leite, e o isolado proteico do leite podem ser utilizados para melhorar a aparência, o sabor e as características do miolo de pães sem glúten.
- Enzima transglutaminase, enzima que catalisa reações entre proteínas, podendo formar redes proteicas, o que contribui para a estrutura de pães sem glúten.
- Pães sem glúten tem menor vida de prateleira do que os pães convencionais. Adição de emulsificantes pode melhorar esta característica.

Capriles e Arêas (2011) Avanços na produção de pães sem glúten: aspectos tecnológicos e nutricionais

26

Pão sem glúten

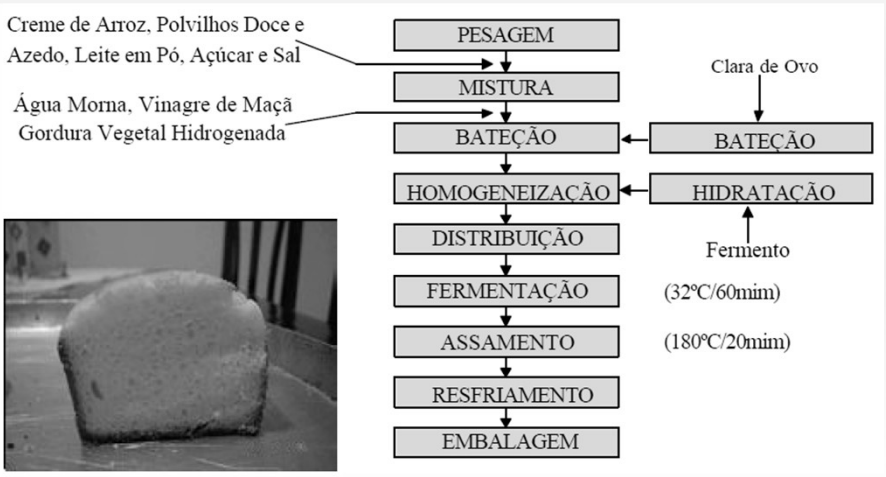


Figura 6. Pão sem glúten

César et al. (2006) Elaboração de pão sem glúten, Revista Ceres

27

Arroz como matéria prima

De acordo com o grau de beneficiamento o arroz pode ser dividido em:

- Arroz com casca: aquele não sofreu nenhum operação de transformação ou beneficiamento;
- Arroz integral: aquele obtido após a retirada da casca;
- Arroz polido: chamado de arroz branco, é obtido pela retirada do farelo e do germe;
- Arroz parboilizado: derivado do arroz integral ou polido

28

Tipos de arroz

Tabela 7 . Composição centesimal de diferentes tipos de arroz

Tipo de arroz	Calorias (Kcal)	Carboidratos (g)	Proteínas (g)	Gorduras (g)	Fibras (g)
Branco	124	26,6	2,32	1,18	0,49
Integral	76	14,5	3,0	1,0	2,7
Parboilizado	123	25,6	3,2	0,6	0,63
Cateto	180	39,1	4,0	1,0	1,0
Arbóreo	175	39,2	4,16	1,17	0,50
Basmati	171	38,1	3,5	0,5	0,8
Vermelho	173	36,4	4,9	1,0	4,2
Negro	173	36,4	4,9	1,0	4,2
Selvagem	170	35,6	6,0	0,5	3,0

29

Arroz vermelho: rico em monocolina, substância que pode auxiliar na redução do nível de LDL (colesterol ruim) no sangue.

Arroz selvagem: rico em lisina (um aminoácido benéfico ao corpo) e fibras. É também uma boa fonte de potássio, fósforo e vitaminas.

Arroz negro: tem um elevado teor de ferro. Grande conteúdo de compostos fenólicos, substâncias antioxidantes, que combatem os radicais livres, prevenindo o envelhecimento precoce, doenças crônico-degenerativas, problemas cardiovasculares e até câncer.

30

Arroz parboilizado

"parboiling"
Processo realizado inicialmente para facilitar a remoção da casca

- Os grãos são encharcados em água aquecida
- A gelatinização dos grãos é realizado em autoclaves sob pressão (100ºC a 121ºC).
- Secagem até se alcançar a umidade ideal para o descascamento e/ou armazenamento.

Vantagens:

- As altas temperaturas promovem a morte do embrião impedindo sua germinação.
- Destruí os contaminantes: larvas, insetos, esporos de fungos e bacterianos.
- A gelatinização do amido leva ao endurecimento do endosperma (que fica vítreo ou resistente) melhorando o rendimento no polimento. Também reduz a suscetibilidade do grão a ataques de insetos e flutuações de umidade.
- As altas temperaturas inativam as enzimas aumentando a estabilidade do farelo à rancificação.
- Vitaminas e minerais são solubilizados e carreados para o endosperma aumentando seu valor nutricional.
- Coloração amarelada do grão pela pigmentação do endosperma da casca ou pela reação de Maillard.

31

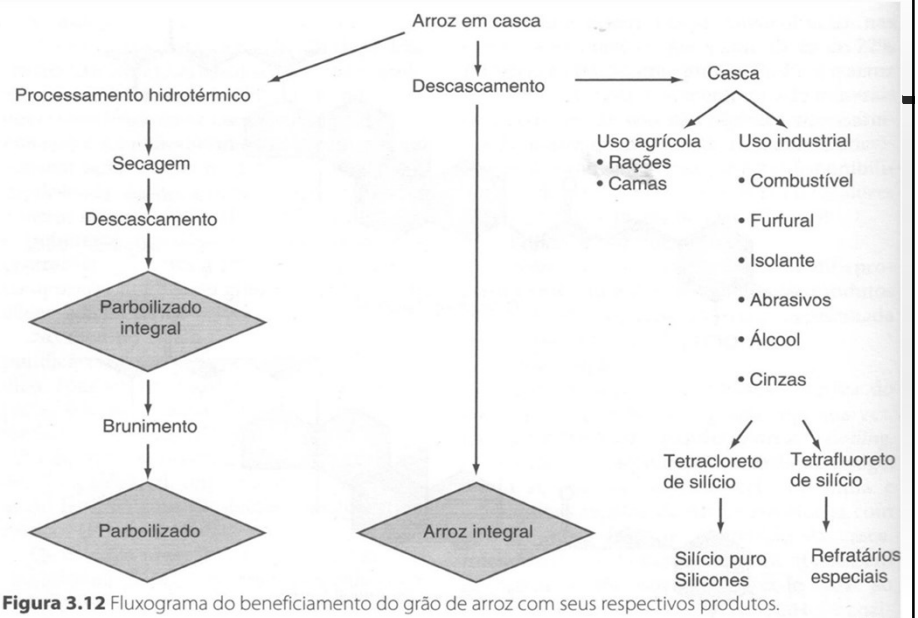


Figura 3.12 Fluxograma do beneficiamento do grão de arroz com seus respectivos produtos.

32

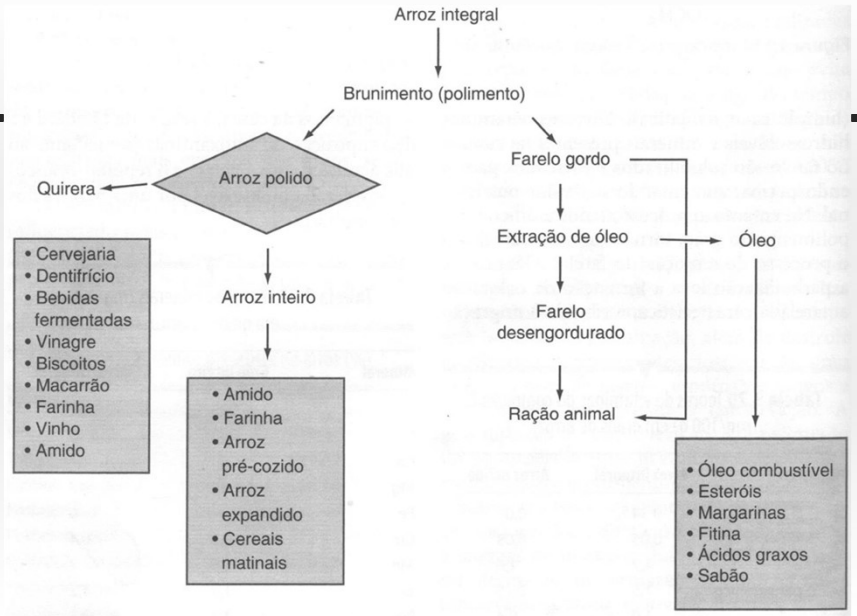


Figura 3.13 Fluxograma dos produtos obtidos do processamento industrial do arroz.

33